

# جلسه سوم ویژگی های ریزگردها

دکتر احمد نیک پی  
عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین  
تاریخ انتشار پاییز ۱۳۹۲  
[nikpey@gmail.com](mailto:nikpey@gmail.com)



- Hinds, W. C. (1999) Aerosol Technology: Properties, Behavior, and measurement of air born particles. John Willey & Sons Inc.
- Friedlander S. K. (2000) Smoke, dust, and haze: fundamentals of aerosol dynamics. Oxford University Press.

## اهداف آموزشی

- آشنایی با ویژگی های ریزگردها(سایز، غلظت،
- تغییر در تعداد و غلظت ریزگردها(رابطه فاج)

# سایز ذرات

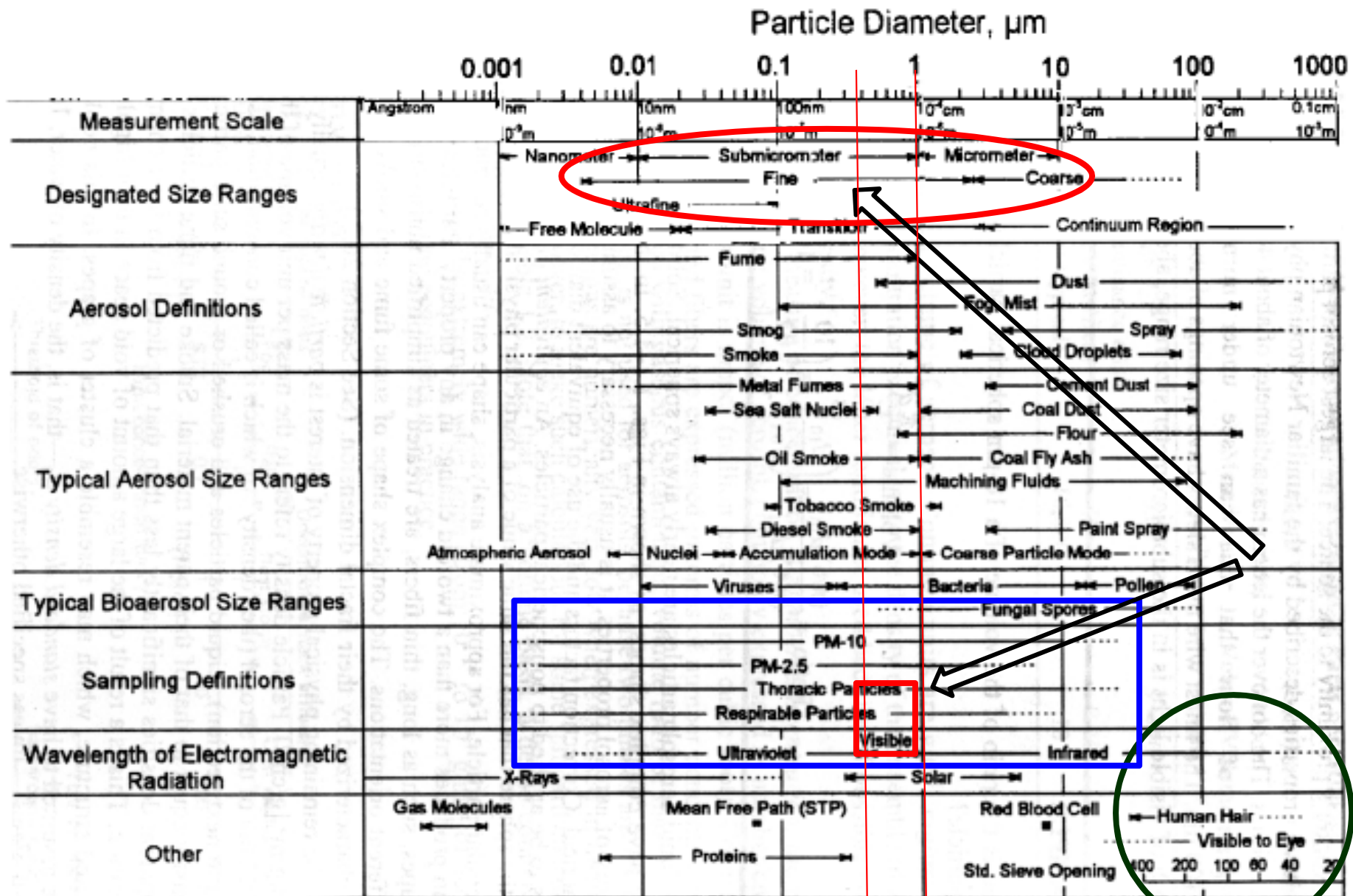


FIGURE 1.6 Particle size ranges and definitions for aerosols.

جدول- مقایسه قطر، سطح و حجم ذرات کروی

قطر (میکرومتر)	سطح (میکرومتر مربع)	حجم (میکرومتر مکعب)	نسبت سطح به حجم
۰.۱	۰.۰۰۷۸	۰.۰۰۰۵۲	۱۴.۹
۱	۰.۷۸	۰.۵۲۳	۱.۴۹
۱۰	۷۸.۵	۵۲۳.۵۹	۰.۱۴۹
۱۰۰	۷۸۵۳.۹۸	۵۲۳۵۹۸	۰.۰۱۴۹
۱۰۰۰	۷۸۵۳۹۸	۵۲۳۵۹۸۷۷۵	۰.۰۰۱۴۹

$$\frac{\pi d^2}{4}$$

$$\frac{\pi d^3}{6}$$

## غلظت در نمونه‌های مایع

$1\text{mg/l}=1\text{ppm}$

$1\mu\text{g/l}=1\text{ppb}$

$1\text{ng/l}=1\text{ppt}$

## غلظت در نمونه‌های جامد

$$1\text{ mg/kg}=1\text{ ppm}$$

$$1\text{ }\mu\text{g/kg}=1\text{ ppb}$$

$$1\text{ ng/kg}=1\text{ ppt}$$

## غلظت در نمونه‌های گازی

mg/m<sup>3</sup>

μg/m<sup>3</sup>

ng/m<sup>3</sup>

$$ppm = \frac{\text{mg/m}^3 \times 24.45}{MW}$$

ppm, ppb, ppt

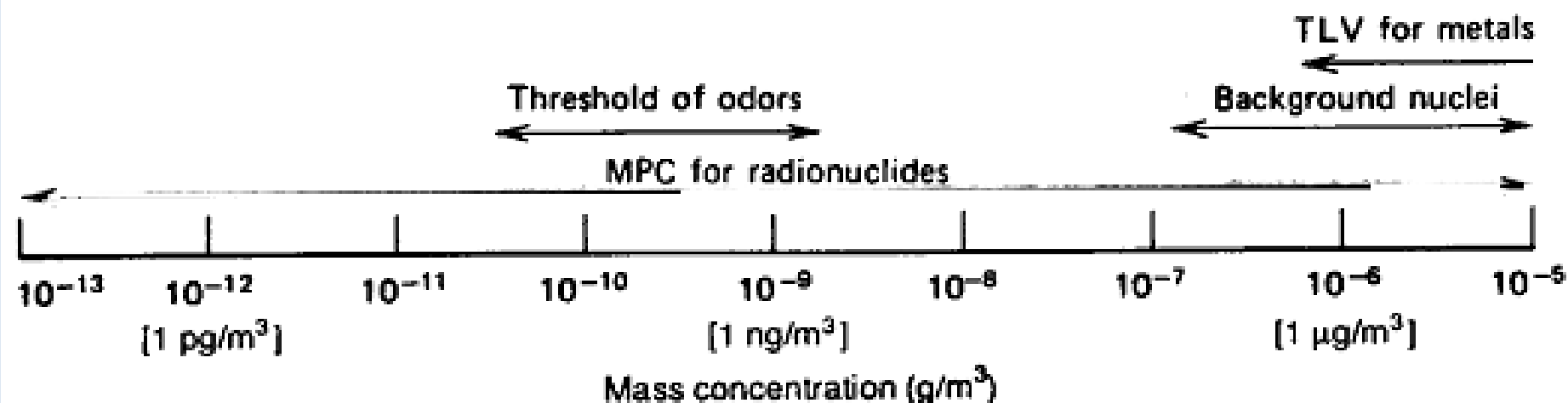
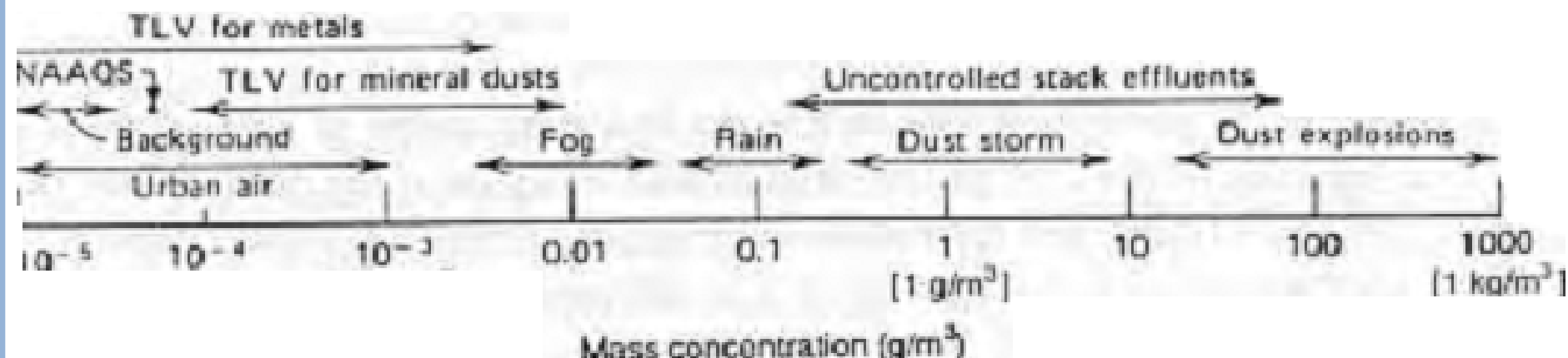
mppcf

در شرایط استاندارد بهداشت حرفه‌ای (نمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه)



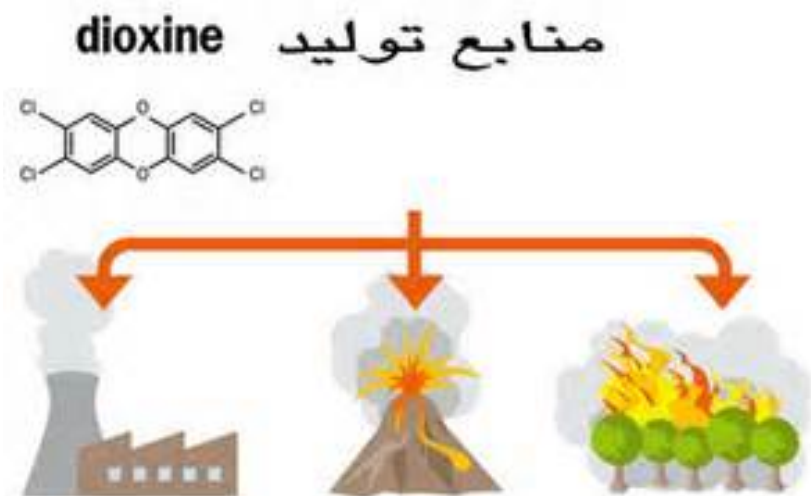
**TABLE 1.2 Examples of Mass Concentration Expressed in Parts per Million<sup>a</sup>**

	Mass Concentration, Mass/Volume (mg/m <sup>3</sup> )	Parts per Million, Volume/Volume (ppm)	Parts per Million, Mass/Mass (ppm)
U.S. PM-10, annual average	0.05		0.04
Threshold limit value for nuisance dusts (Particulates not otherwise classified)	10	0.01	8
Uncontrolled stack effluent (typical)	10,000	10	8,000



غلظت دیوکسین به عنوان احتمالا سمی‌ترین ماده  
شیمیایی موجود بر روی زمین در یک نمونه آب  
شرب  $3,000,000$  میلی‌گرم در لیتر است. با توجه به  
وزن ملکولی  $322$  گرم بر مول دیوکسین، غلظت را  
بر حسب ppt، مولاریته و همچنین تعداد ملکول را  
محاسبه کنید؟

بیش از ۹۰٪ تماس انسان با دیوکسین ها از طریق مواد  
غذایی و به طور عمده گوشت و محصولات لبنی، ماهی و  
صدف است.



$$0.00000003 \text{ mg} / \text{l} = \frac{0.00000003 \text{ mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ ppm}}{1 \text{ mg} / \text{l}} \times \frac{1 \times 10^6 \text{ ppt}}{1 \text{ ppm}} = 0.03 \text{ ppt}$$

$$0.00000003 \text{ mg} / \text{l} = \frac{0.00000003 \text{ mg}}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ g}}{10^3 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ mol}}{322 \text{ g}} = 9.32 \times 10^{-4} \text{ mol} / \text{l} = M$$

$$9.32 \times 10^{-4} \text{ mol} / \text{l} \times \frac{6.022 \times 10^{23} \text{ molec}}{1 \text{ mol}} = 5.61 \times 10^{10}$$

انعقاد ذرات (رابطه فاج)

- در آنروسلای با  $n$  ذره مطلق در سائتی متر مکعب برخورد دو ذره با یکدیگر متناسب با  $n^2$  است لذا میزان تغییر غلظت ذرات  $-Kn^2$  است.

$$\frac{dn}{dt} = -Kn^2$$

- با حل معادله دیفرانسیلی فوق داریم:

$$\frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} = k(t - t_0) \rightarrow n = \frac{n_0}{1 + Kn_0 t}$$

- $n, n_0$  به ترتیب تعداد ذرات اولیه و نهایی در واحد حجم که نشان دهنده ذرات منعقد شده در فاصله زمانی  $t, t_0$  است.
- $K$  ضریب چسبیدن ذرات به یکدیگر، تابع حالت گاز.

## ضریب پخش ملکولی $K_{mol}$

اندازه ذرات (میکرومتر)	$K_{mol} (cm^3).s^{-1}$
0.1	$5 \times 10^{-10}$
1	$3.2 \times 10^{-1}$
10	$3 \times 10^{-1}$

ضریب پخش مولی مستقیماً وابسته به دمای مطلق است. در سایر دماها، از رابطه زیر تصحیح می شود

$$K_{mol} = K_{mol} \times \frac{273 + t}{273}$$

## ضرب و پخش ملکولی در شرایط جریان آشفته

$$K_{\text{turb}} = \frac{4 \times 10^{-17} V^3 d}{D v^2} \text{ (m}^3 \text{s}^{-1}) \quad K_{\text{turb}} = \frac{4 \times 10^{-11} V^3 d}{D v^2} \text{ (cm}^3 \text{s}^{-1})$$

- $V$ : سرعت گاز (متر بر ثانیه)
- $d$ : قطر ذره (متر)
- $D$ : قطر کانال یا مجرا (متر)
- $v$ : ضریب دیفیوژن هوا ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )



- هوایی با سرعت ۱۵ متر بر ثانیه در زمان ۲ ثانیه از کانالی به قطر نیم متر عبور می کند. اگر غلظت ذرات ۱۰ گرم بر متر مکعب و چگالی ذرات ۵ گرم بر سانتی متر مکعب یا  $(5000\text{kg/m}^3)$  باشد، قطر ذرات  $(1\mu\text{m})10^{-6}\text{m}$ ، دمای اولیه هوا ۱۰۰ درجه سانتیگراد ضریب دیفیوژن آن  $(\text{m}^2\text{s}^{-1}) 20 \times 10^{-6}$  باشد میزان لخته شدن ذرات را محاسبه کنید؟

- ذرات با قطر یک میکرومتر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد دارای  $K_{\text{mol}} = 3.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3/\text{se}$  هستند. مقدار  $K_{\text{mol}}$  در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به شرح زیر است.

$$K_{\text{mol}} = 3.2 \times 10^{-10} \times \frac{373}{293} = 4 \times 10^{-10} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$K_{\text{turb}} = \frac{4 \times 10^{-10} \times 15^3 \times 1 \times 10 \text{ m}^{-6}}{0.5 \times (2 \times 10^{-6})^2} = \frac{1.35 \times 10^{-19}}{2 \times 10^{-10}} =$$

$$6.75 \times 10^{-10} (\text{m}^3 \text{s}^{-1}) = 6.75 \times 10^{-4} (\text{cm}^3 \text{s}^{-1})$$

- در حالت جریان آشفته ضریب انعقاد ( $K_{turb}$ ) بسیار بیشتر از  $K_{mol}$  است پس محاسبات را فقط بر مبنای میزان انعقاد ذرات در حالت آشفته انجام می دهیم.

- اگر فرض کنیم ذرات کروی باشند با سایز یکنواخت یک میکرومتر یا  $10^{-6} m$  جرم یک ذره به شرح زیر خواهد بود.

$$\rho = \frac{m}{v} \rightarrow m = \frac{\rho \pi d^3}{6} = \frac{5 \frac{g}{cm^3} \pi 10^{-12} cm}{6} = 2.62 \times 10^{-12} g$$

• با توجه به رابطه زیر خواهیم داشت:

$$\frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} = k(t - t_0)$$

$$\frac{1}{n} - \frac{1}{3.82 \times 10^6 \frac{\text{particle}}{\text{cm}^3}} = 6.75 \times 10^{-4} \times 2 \rightarrow$$

$$\frac{1}{n} = 13.5 \times 10^{-4} + 2.61 \times 10^{-6} = 13.5 \times 10^{-4} \quad n = 740_{\text{particle}}$$

متشکرم